Über die Chemie und Biologie der Fettsubstanzen vom Aal (Anguilla vulgaris)

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
genehmigt von der Philosophischen Fakultät
der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Von

Helmut Wiehr

aus Berlin-Wilhelmshagen

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Juli 1931

Tag der Promotion: 15. Februar 1932

1932

Druck von J. Neumann-Neudamm

347

Referenten:

Professor Dr. Hesse

Professor Dr. Zimmer

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Aus der Preußischen Landesanstalt für Fischerei in Berlin-Friedrichshagen.
Direktor: Prof. Dr. H. H. Wundsch.

VII. Über die Chemie und Biologie der Fettsubstanzen vom Aal (Anguilla vulgaris).

Von

Helmut Wiehr.

Mit 9 Abbildungen und 5 Tabellen.

Inhaltsübersicht.

Seite

I. Einleitung 169
II. Material und Technik der Untersuchungen 170
III. Morphologische Untersuchungen über die Fettsubstanzen vom Aal 170
a) Verteilung der Fettsubstanzen 171
b) Histochemischer Nachweis der Fettsubstanzen 173
c) Chemische Zusammensetzung der Fettsubstanzen 181
IV. Betrachtungen über die Biologie der Fettsubstanzen vom Aal 185
a) Entstehung des verschiedenen Fettgehaltes beim Breit- und Spitzkopf . . 185
b) Beziehungen zwischen dem Nahrungsfett und dem Fett des Verzehrers . . 187
c) Die biologische Bedeutung der Fettsubstanzen vom Aal 188
V. Hinweis auf die praktische Bedeutung der Fettsubstanzen vom Aal 193
VI. Zusammenfassung 194
VII. Schriftenverzeichnis 195

I. Einleitung.

Über die Biologie und Chemie der Fettsubstanzen bei Kaltblütern liegen erst verhältnismäßig wenige Angaben vor. Die in der Literatur vorhandenen Arbeiten über die Fischfette beziehen sich fast ausschließlich auf die allgemeine Zusammensetzung des Fischfleisches überhaupt, ohne auf rein biologische Fragestellungen einzugehen. Ich will an dieser Stelle die Arbeiten, die dem allgemeinen biologischen und chemischen Studium gewidmet sind, nicht näher besprechen, sondern werde mich auf diejenigen beschränken, die sich besonders auf Fragen des von mir zu behandelnden Gegenstandes beziehen; ihre Anzahl ist, wie schon erwähnt, nicht sonderlich groß. Literaturangaben, die den Gegenstand berühren, findet man bei Rosenfeld (35—36), Knauthe (22), Lehmann (28), Plehn (31). Als neuere Arbeiten verweise ich auf die Untersuchungen von Shinobu (39), Greene (15—16) und Vieweger (44). Besonders sind die Versuche Rosenfelds von großer Bedeutung, da sie die Frage nach der Herkunft der Fettsubstanzen der Fische einer Beantwortung näherbringen. Auf Grund einer Reihe von Versuchen an Goldfischen

und Spiegelkarpfen glückte Rosenfeld der Nachweis, daß sich bei der Fütterung mit Hammeltalg und Hammelfleisch der Goldfischtran wie Spiegelkarpfentran in ein Fett umwandelt, „welches beträchtliche Mengen von Hammeltalg enthält", der Fettansatz der Fische also denselben Gesetzen unterliegt wie der anderer Carnivoren. Zu den gleichen Ergebnissen gelangten Knauthe und Lehmann in ihren späteren Veröffentlichungen.

Was den morphologischen Nachweis der Fettsubstanzen bei Kaltblütern betrifft, so verfügen wir in dieser Beziehung nur über sehr spärliche Angaben. Die einzige Arbeit, die sich mit der mikrochemischen Unterscheidung der Fettsubstanzen im Fischkörper beschäftigt, ist die Arbeit von Plehn (31). Damit sind die Literaturangaben, die über die Frage zu finden sind, erschöpft.

Während die in der Literatur erwähnten Abhandlungen über die Herkunft, Natur und Histochemie der Fette bei einigen Fischen wichtige Einzelheiten erkennen lassen, besitzen wir über die Chemie und Biologie der Fettsubstanzen beim Aal nur sehr geringe Kenntnisse. Untersuchungen, die sich damit befassen, führe ich innerhalb des Textes an.

Die vorliegende Arbeit hat es sich zum Ziel gesetzt, die Fettsubstanzen des Aales in ihrer morphologischen und chemischen Beschaffenheit zu untersuchen, auf ihre biologische Bedeutung einzugehen und schließlich auf ihre praktische Bedeutung hinzuweisen.

II. Material und Technik der Untersuchungen.

Als Versuchstiere wurden Aale (Anguilla vulgaris) der verschiedensten Jahresklassen verwendet, von der Montée aufwärts bis zum ausgewachsenen Aal. Die zwei verschiedenen Aaltypen, Breit- und Spitzkopf, fanden dabei ebenfalls Berücksichtigung. Die Untersuchungen erfolgten an frischem und lebend fixiertem Material. Von den fixierten Tieren wurden ganze Körperteile des Fisches sowie einige Organe (Leber und ♀ Geschlechtsorgan) in kleine Stückchen zerlegt und auf dem Gefriermikrotom geschnitten. Als Ausgangspunkt diente mir bei meinen Untersuchungen die Färbung mit Sudan III und Nilblausulfat. Als Nachfärbung benutzte ich Hämatoxylin. Von der Färbung mit Osmiumsäure ließ ich ab, da Osmiumsäure außer Fett auch andere Substanzen färbt, außerdem aber auch noch durch den Kanadabalsam feinere Strukturen des Fettkörpers zerstört werden können. Die Fettschicht wurde auf Querschnitten durch den ganzen Körper untersucht.

III. Morphologische Untersuchungen über die Fettsubstanzen vom Aal.

Bei diesen Untersuchungen kam es mir vor allem darauf an, ein histologisches Gesamtbild von den Fettstoffablagerungen zu geben, auftretende Strukturverhältnisse innerhalb des Fettgewebes festzustellen, sowie ihre chemische Natur an Hand der zur Verfügung stehenden mikrochemischen Untersuchungsmethoden eingehend zu prüfen. Für die diesen Untersuchungen zugrunde liegenden Methoden verweise ich auf die im Schriftenverzeichnis unter Nr. 13, 18, 20, 27 und 34 angegebenen Arbeiten.

a) Verteilung der Fettsubstanzen.

Eine richtige Vorstellung über die außerordentliche Ausdehnung der Fettablagerungen beim Aal kann man sich nur mittels der auf dem Gefriermikrotom hergestellten Schnitte verschaffen. Die Abbildungen 1 und 6 geben ein Übersichtsbild über die Verteilung der Fettsubstanzen in der Rumpfmuskulatur. Der auf Abbildung 1 getroffene Schnitt stammt von einem noch in der Entwicklung begriffenen Aal (Montée). Wenn auch diesen Tieren das ausgesprochene Fettgewebe fehlt, kann man auf den Präparaten immerhin ein Gesamtbild der Verteilung der Fettsubstanzen wahrnehmen, was bei den Präparaten von ausgewachsenen Aalen infolge der großen Schnittfläche unmöglich ist.

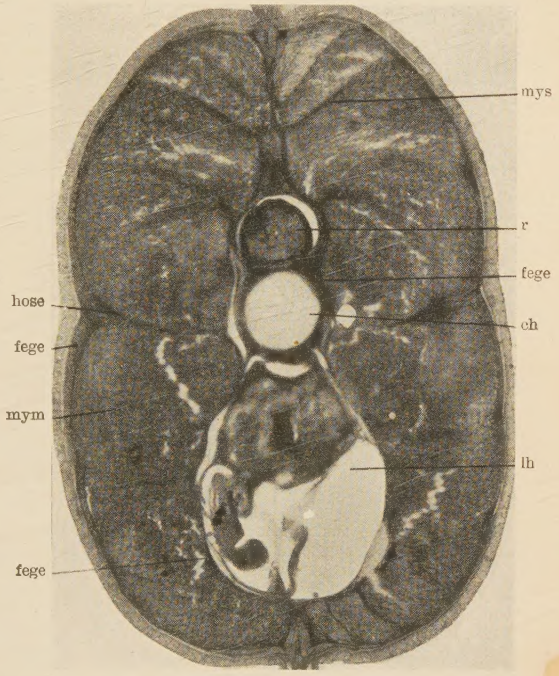

Abb. 1.

Querschnitt durch Montée.

ch = Chorda, fege = Fettgewebe, hose = Horizontalseptum, lh = Leibeshöhle, mym = Myomeren, mys = Myosepten, r = Rückenmark.

Um den notwendigen Einblick in die bei der Sudanfärbung sich ergebenden Fettbefunde zu gewinnen, erwies es sich also notwendig, den histologischen Bau der Schnitte eingehender zu untersuchen. Von der schleimhäutigen Oberhaut, der Epithelschicht, ausgehend, stößt man zunächst auf eine Pigmentschicht. Unter dieser finden sich die Schuppen, worauf die regelmäßig gelagerten Bündel der Kutis folgen. Der Kutis schließt sich wiederum eine Pigmentzellenschicht an, die die Kutis und das darauffolgende subkutane Bindegewebe, das eigentliche Fettgewebe (Abb. 2—3), voneinander trennt. Dieses Fettgewebe enthält die bedeutendsten Fettmengen des Tieres. Es stellt die Verbindung dar zwischen Kutis und Muskulatur und setzt sich nach innen in die die Myomeren trennenden bindegewebigen, fettreichen Myosepten fort, die sich zu einer axial gelegenen Bindegewebeschicht vereinigen und so eine Abgrenzung der Rumpfmuskulatur gegen die Bauchhöhle bilden (Abb. 1). Die weitere Ausbreitung dieses mit Fett erfüllten Bindegewebes ist auf Abbildung 4 zu erkennen. Dorsal von der Chorda umgibt die axiale Bindegewebsschicht das Zentralnervensystem in Form einer starken Hülle, um schließlich dorsal von dem Medullarohr die Verbindung zwischen diesem und dem subkutanen Bindegewebe herzustellen.

Wesentlich verändert erscheinen diese Verhältnisse bei Betrachtung eines Längsschnittes, wie Abbildung 5 zeigt. Der Schnitt ist durch die dorsale

und ventrale Septenhälfte geführt. Man sieht deutlich, namentlich bei schwacher Vergrößerung, daß sich die mit Sudan gefärbte Fettschicht in Form kaudalwärts gerichteter Spitzkegel von der umliegenden Längsmuskulatur scharf abhebt.

Abbildung 6 stellt eine Übersicht über die Fettverteilung in der Schwanzregion des Aales (Spitzkopf) dar. Da der Verlauf der Anordnung der Myosepten schon von einer Reihe von Autoren, wie Bütschli (7) und Krause (26), gesehen und beschrieben worden ist, führe ich zu weiterem Verständnis eine Beschreibung von Bütschli an, die mit den hier vorliegenden Befunden vollkommen übereinstimmt. „Während der Verlauf der Septen bei den Chondropterygiern, Ganoiden und Dipnoern relativ einfach erscheint, ähnlich dem der Acranier, wird er bei den Teleostiern sowohl in der Dorsal- als Ventralhälfte meist viel komplizierter. In der Schwanzregion, wo sich die dorsale und ventrale Hälfte der Seitenmuskeln ganz symmetrisch ausbilden, da hier die Leibeshöhle fehlt, tritt dies sehr klar vor. Ein Querschnitt durch die Schwanzmuskulatur eines Teleostiers muß deshalb ein recht kompliziertes Bild geben, da in jeder Hälfte des Seitenmuskels die nach hinten gerichteten kegligen Myomeren zweimal oder bei doppelkegliger Bildung sogar drei- bis viermal getroffen werden können. Da, wo der Schnitt durch die Spitzen der Kegel geht, sind die Myomeren wie konzentrische Ringe ineinandergeschachtelt (vgl. Abb. 6). Da, wo er die Kegelbasis getroffen hat, also namentlich dorsal und ventral, erscheint der Schnitt durch ein Myomer bogenförmig. — In der Rumpfregion, wo die Leibeshöhle die ventrale Rumpfmuskulatur auseinanderdrängt, wird letztere natürlich dünner und einfacher. Kegelförmige Bildung der Myomeren fehlt hier im ventralen Rumpfmuskel.“

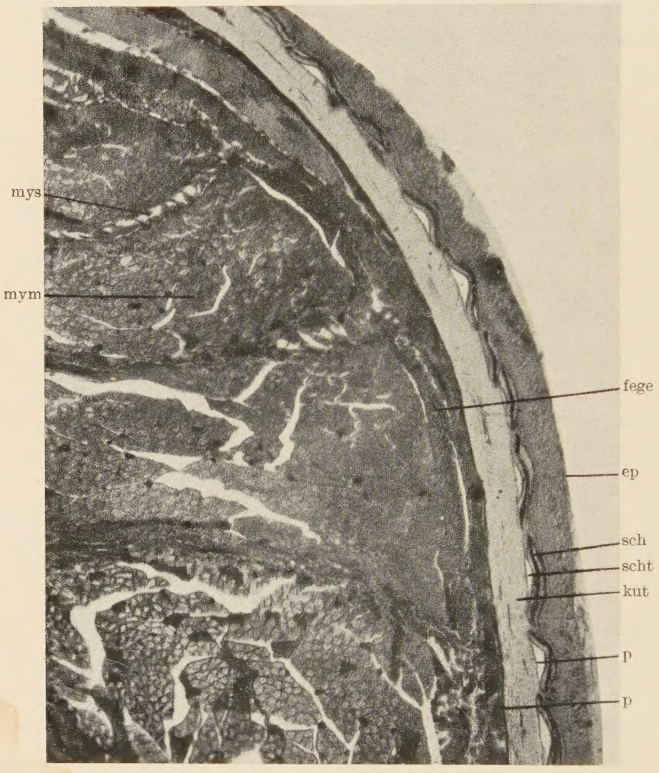

Abb. 2.

Querschnitt durch die Haut des Aales (Breitkopf).

ep = Epidermis, fege = Fettgewebe, kut = Kutis, mym = Myomeren, mys = Myosepten, p = Pigmentzellen, sch = Schuppen, scht = Schuppentaschen.

Außer in diesen bindegewebigen Myosepten tritt Fett noch an verschiedenen anderen Stellen auf. In den Kreis meiner Untersuchungen habe ich als weitere größere Orte der Fettstoffablagerung die Leber und die ♀ Sexualorgane des Aales einbezogen.

In der Leber ist das Fett in den Leberzellen lokalisiert (Abb. 7). Die Menge des Fettes ist außerordentlich schwankend. So fand ich in den Leberzellen von Satzaalen sowie des Breitkopfes nur geringe Fettmengen vor, während die Leber des Spitzkopfes vor Fett strotzte (Abb. 8).

Abb. 3.

Querschnitt durch die Haut des Aales (Spitzkopf).

fege = Fettgewebe, m = Muskulatur, mys = Myosepten, p = Pigmentzellen.

Die Fettstoffablagerung in den ♀ Geschlechtsorganen des Aales steht im Gegensatz zu den Verhältnissen bei anderen Fischen, deren Eierstöcke nur sehr wenig Fett enthalten. Beim Aal findet man die Eierstöcke völlig mit kugelrunden Fetttröpfchen durchsetzt. Zwischen diesen Tröpfchen liegen die Eier, denen außer Eiweißkörnern noch kleinere Fettkügelchen eingelagert sind.

b) Histochemischer Nachweis der Fettsubstanzen.

Auf Grund der Feststellungen über die Hauptfundorte der Fettstoffe ging ich bei der Fortsetzung meiner Untersuchungen von der Frage aus, inwieweit sich

in den einzelnen Fällen Unterschiede in der morphologischen Beschaffenheit der Fettstoffe nachweisen lassen. Sie konnten einmal bedingt sein in der chemischen Histologie des Fettes, also der färberischen Reaktionsart, ferner in der Art der Einlagerung des Fettes innerhalb des Protoplasmas und schließlich in der Struktur der Fettsubstanz.

Aus den mikroskopischen Befunden hinsichtlich der Einlagerung des Fettes im Protoplasma sowie der Struktur der Fettzelle bei Berücksichtigung der „Artfrage“ (Spitz- und Breitkopf) konnten keine nennenswerten Abweichungen nach-

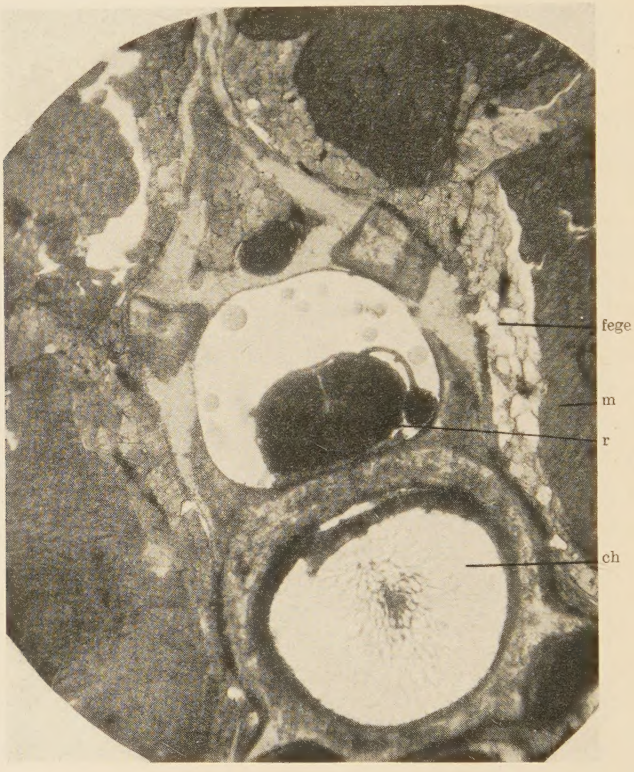

Abb. 4.
Schnitt durch das axiale Bindegewebe.
ch = Chorda, fege = Fettgewebe, m = Muskulatur, r = Rückenmark.

gewiesen werden. Bei den zur Untersuchung verwendeten Schnitten aus der Gegend der Rumpfmuskulatur fand ich das Fett ziemlich gleichmäßig verteilt. Es war in polyedrischen Fettzellen enthalten, die sich zu größeren Gruppen zusammendrängten (vgl. Abb. 3). Die einzelnen Zellen waren durch zarte Bindegewebslamellen voneinander getrennt. Die Größe der Fettzellen wechselte im großen Durchmesser von 25—75 µ, im kleinen Durchmesser von 16,8—63 µ. Bei jüngeren Tieren (Satzaalen) waren die Fettzellen in der Regel etwas kleiner. In der Leber und in den Geschlechtsorganen lagen die Fettstoffe als kleinere und größere Tröpfchen vor. Da es sich im übrigen um gleiche histologische Verhältnisse handelt, gehe ich gleich zum histologisch-chemischen Nachweis der Fettstoffe über.

Zunächst sei auf die Definition einer Gruppe von Substanzen eingegangen, die als Lipoide zusammengefaßt werden. Nach Bang (4) ist dieser Begriff für folgende Fettstoffe angewandt worden:

1. Neutralfette (Triglyceride — Glycerinester), Fettsäuren, Seifen: N- und P-freie Lipoidstoffe der aliphatischen Reihe.
2. Cholesterine: N- und P-freie Lipoidstoffe der aromatischen Reihe.
3. Phosphatide: N- und P-haltige Lipoidstoffe und
4. Cerebroside: N-haltige, aber P-freie Lipoide.

Abb. 5.

Längsschnitt durch die Schwanzregion des Aales (Spitzkopf).

mys = Myosepten.

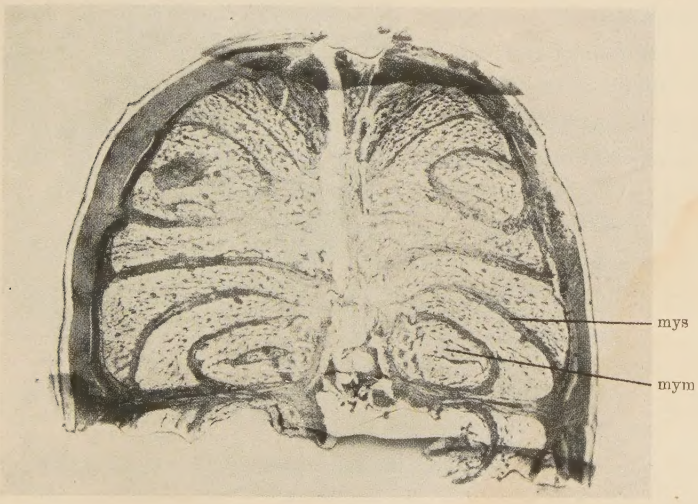

Abb. 6.

Querschnitt durch die Schwanzregion des Aales (Spitzkopf).

mym = Myomeren, mys = Myosepten.

In den meisten neueren Arbeiten ist man dazu übergegangen, der von Bang angewandten Definition des Begriffes „Lipoide“ eine bessere Umgrenzung zu geben, indem man nur eine bestimmte Gruppe von Fettstoffen als Lipoide zusammenfaßt und somit der Ansicht Abderhaldens in gewisser Hinsicht entgegenkommt. Abderhalden schlägt vor, von der Bezeichnung „Lipoide“ überhaupt Abstand zu nehmen, da „bedauerlicherweise die heterogensten Verbindungen, ja, nahezu alles, was man in der Zelle nicht genau definieren kann“, sofern es sich um in Fettlösungsmitteln lösliche Stoffe handelt, als Lipoide bezeichnet wird.

Abb. 7.
Querschnitt durch die Leber des Aales (Breitkopf).
fk = Fettkörnchen.

In folgendem sei kurz zu der Frage, welche Stoffe die heutige Wissenschaft zu den Lipoiden zählt, Stellung genommen. Danach müssen als die wichtigsten Lipoide

1. die Glycerinester (Neutralfette),
2. die Cholesterinester und
3. die Lipoide im engeren Sinne: Phosphatide (Lezithin, Cephalin, Syringo-Myelin), Cerebroside (Phrenosin, Kerasin)

angeführt werden. Alle weiteren fettähnlichen Stoffe können nicht mehr als Lipoide bezeichnet werden[1]).

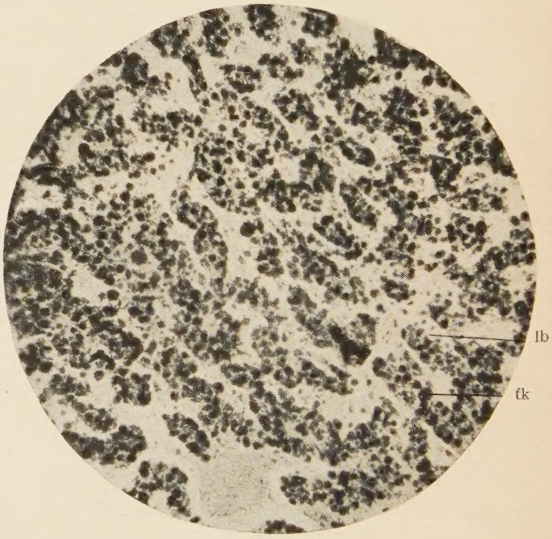

Abb. 8.
Querschnitt durch die Leber des Aales (Spitzkopf).
fk = Fettkörnchen, lb = Leberzelle.

Aufgabe der vorliegenden Betrachtung soll es nun sein, die bei morphologischen Untersuchungen üblichen Farbreaktionen auf die in den

[1]) Kutschera-Aichbergen (27) weist darauf hin, daß es abzulehnen sei, „wenn etwa auch die zahlreichen Bausteine bzw. Abbauprodukte der Lipoide, wie Fettsäuren, Cholin, Cholesterin, Glycerin u. a., herausgegriffen und auch diese schon als Lipoide bezeichnet werden“.

Geweben vorkommenden Lipoide anzuwenden, das optische Verhalten derselben näher zu prüfen, sowie an Hand parellel gehender chemischer Untersuchungen einen Vergleich zwischen den histologischen und chemischen Ergebnissen zu ziehen, um schließlich eine Trennung der einzelnen Lipoide vornehmen zu können.

Beginnen wir mit der histochemischen Darstellung der sogenannten Lipoide in der Rumpfmuskulatur und Leber. Die einfache Sudanfärbung fällt fast in allen Fällen positiv aus. Bemerkenswert ist der gleichmäßige Ausfall der Färbung bei Anwendung gleicher technischer Bedingungen. Trotz des positiven Ausfalles der Sudanfärbung kann daher zunächst auf kein bestimmtes Lipoid geschlossen werden, da eine Gruppentrennung verschiedener Lipoide mit dieser Methode nicht gelingt[1]).

Auf Grund fraktionierter Extraktion unter gleichzeitiger Anwendung der histologischen Untersuchungsverfahren ist es erst möglich geworden, eine exakte Trennung der verschiedenen Lipoide zu erreichen. Auf die hierbei geübte Methodik kann im einzelnen nicht eingegangen werden, ich verweise daher auf die Arbeiten von Fraenkel (13), Beumer (6), Erlandsen (12), Thudichum (41) sowie Kutschera-Aichbergen, dessen morphologischen Analysengang ich meinen Untersuchungen zugrunde gelegt habe. Letztere Untersuchungsergebnisse sind in Form von verschiedenen Tabellen zusammengefaßt worden, von denen ich zur besseren Übersicht meiner eigenen Untersuchungen eine anführe.

Aus der Tabelle I ist leicht zu ersehen, welche Genauigkeit sich in den Versuchsergebnissen durch die „stufenförmige Lipoidextraktion" erzielen läßt. Der Nachteil der früheren Untersuchungsverfahren, stets mit einem größeren Gemisch von Lipoiden arbeiten zu müssen, wird durch das Extraktionsverfahren beseitigt. Es gelingt ohne weiteres, die einzelnen Lipoide zu trennen.

Kehren wir nun zu der begonnenen Unterscheidung der Fettsubstanzen der Rumpfmuskulatur, der Leber und der ♀ Geschlechtsorgane wieder zurück. Wie schon erwähnt, fällt die Sudanfärbung positiv aus. Die Behandlung der Fettsubstanzen mit Nilblausulfat verläuft ebenfalls positiv. Doch fällt die Färbung immer nur schwach rot aus, ein Verhalten, auf das Plehn (31) schon hinweist:

---

[1]) Aus den Befunden von Kawamura geht schon hervor, daß mit der Sudanfärbung nicht so starke Farbabstufungen zu erreichen sind, daß sie eine Differenzierung einzelner Lipoide zulassen.

Kutschera-Aichbergen (1925) weist darauf hin, daß die Untersuchungen Kawamuras den Nachteil haben, daß sie allein auf rein hergestellte, also künstliche Lipoidgemische Bezug nehmen, infolgedessen als „ein brauchbares Vergleichsobjekt zu den Lipoidgemischen des Gewebes" schlecht zu verwenden sind, da es kaum gelingen dürfte, „künstlich den verwickelten, im Zellprotoplasma enthaltenen Lipoidgemischen und Lipoid-Eiweißgemischen vergleichbare Gemenge nachzubilden". „Dagegen gelingt es, einen gewissen Überblick über die Leistungsfähigkeit der morphologischen Lipoidanalyse zu bekommen, wenn man die mikroskopischen Untersuchungen mit einer planmäßigen stufenförmigen Lipoidextraktion verbindet (an Gefrierschnitten)."

„Hierbei ergibt sich, daß die Leistungsfähigkeit der morphologischen Lipoidanalyse bisher sehr überschätzt worden ist." „Im allgemeinen sind nur die primär acetonlöslichen Lipoide einer morphologischen Darstellung zugänglich." „Die (z. B. in den Nebennieren) sehr beträchtlichen Mengen der primär acetonunlöslichen und erst durch Äther oder durch Alkohol extrahierbaren Lipoide können durch eine einzige Lipoidfärbung sichtbar gemacht werden." „Man kann also nach histologischen Untersuchungen allein kein Urteil über acetonunlösliche Lipoide (Lezithin, Cephalin, Cerebroside u. a.) abgeben."

Tabelle I.

[1]) **Fraktionierte Lipoidextraktion aus Gefrierschnitten.**

	Im Gewebe bleiben zurück	In den Extrakt sind übergegangen
Nach der Acetonextraktion	ungesättigte und gesättigte Phosphatide, Cerebroside	Glycerinester, Cholesterinester, acetonlösliche Phosphatide. Lipoidabbau-Produkte (Fettsäuren, Cholesterin)
Nach der Ätherextraktion	gesättigte Phosphatide, Cerebroside	ungesättigte Phosphatide (Lezithin)
Nach der Alkoholextraktion	—	gesättigte Phosphatide, Cerebroside

„Es gelingt nicht, durch Nilblau eine kräftige Rotfärbung dieses Fettes zu erhalten; es nimmt immer nur einen mehr oder weniger deutlich rötlichen Ton an." Hinsichtlich des optischen Verhaltens konnte weder Doppelbrechung noch Bildung von Myelinfiguren nachgewiesen werden. Die Farbreaktion mit Neutralrot sowie die weitere Behandlung der Schnitte nach dem Verfahren von Smith-Dietrich und Fischler (34) fielen negativ aus. Danach könnte man annehmen, daß es sich um ein Lipoid handelt, das den mikrochemischen Reaktionen nach als ein Glycerinester anzusehen wäre. Ein in Seifenform vorliegendes Lipoid kam nicht in Frage, da die spezifischen Farbreaktionen trotz Sättigung der Fixierungsflüssigkeit mit Calcium salicylicum negativ ausfielen.

Die Reaktion auf Lezithin nach der Methode von Ciaccio kam nur unvollständig zur Darstellung. Ob es sich hier wirklich um ein ungesättigtes Phosphatid handelt, kann erst an Hand genauer histologischer Analysen geklärt werden. Die Ciaccio-positiven Stoffe fand ich ausschließlich in der Rumpfmuskulatur und den ♀ Geschlechtsorganen vor, wo sie sich oftmals in den Schnitten als feine tiefrote Kristallbüschel oder -nadeln (Abb. 9) anhäuften. Die Prüfung auf Anisotropie sowie die Windaussche Digitonin-Reaktion zum Nachweis freien Cholesterins verliefen negativ (vgl. S. 183 unten). Ob hierdurch das Fehlen doppelbrechender Substanzen einwandfrei festgestellt ist, möchte ich noch dahingestellt sein lassen; denn der Gehalt an Cholesterinverbindungen kann so gering sein, daß der Beweis für das Vorhandensein histologisch nachweisbarer Lipoide nicht mehr erbracht werden kann.

Das die weiblichen Geschlechtsorgane umgebende lipoidhaltige Bindegewebe färbt sich durchweg mit Sudan. Das weitere chemisch-histologische Bild stimmt mit den mikrochemischen Reaktionen überein, wie ich sie oben zur Darstellung

[1]) Mit den einzelnen konzentrierten Lipoidextraktionen (Äther-, Aceton-, Alkoholextraktion) wurden einige Filtrierpapierstreifen getränkt und dann die üblichen histologischen Farbreaktionen angewandt. Außerdem wurden regelmäßig die extrahierten Gefrierschnitte einer histologischen Untersuchung unterzogen. Dabei mußten die Gefrierschnitte nach der entsprechend vorgenommenen Extraktion die färberischen Eigenschaften verloren haben, welche für diese oder jene Gruppe von Lipoiden vordem noch charakteristisch waren, wohl aber in den mit dem entsprechenden Extrakt getränkten Filtrierpapierstreifchen wieder in Erscheinung traten.

brachte. Damit müßte auch auf das Vorhandensein eines Glycerinesters zu schließen sein. Die gleichen Verhältnisse hinsichtlich der chemisch-histologischen Beschaffenheit, wie ich sie in der Leber, Rumpfmuskulatur und in dem fetthaltigen Bindegewebe der ♀ Sexualorgane antraf, beobachtete ich bei der Untersuchung der Fettstoffe des Blutes. Der normale Gehalt des Blutes an Lipoiden, als Lipämie bezeichnet, ist für den Aal typisch.

Die in den Eiern des Eierstocks eingelagerten Fetttröpfchen nehmen die Smith-Dietrich'sche Reaktion an, geben aber überraschenderweise keine Doppelbrechung und keine Bildung von Myelinfiguren. Mit Neutralrot färben sie sich rot, blau mit Nilblau und schwach gelb-rot mit Sudan III.

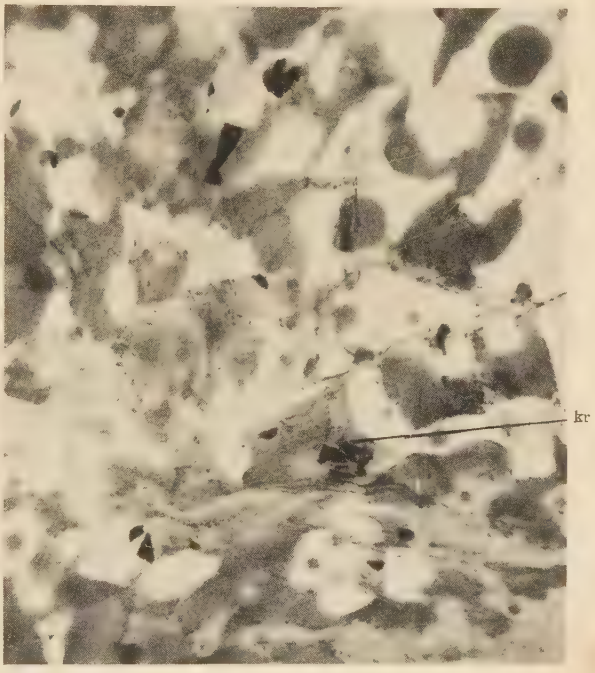

Abb. 9.
Ausscheidungen von Fettkristallen.
kr = Fettkristalle.

Weiterhin untersuchte ich, wie sich die „Fettstoffe" der stufenförmigen Lipoidextraktion (vgl. Tab. I) gegenüber verhalten. Dabei zeigte sich, daß nach der Einwirkung der Acetonextraktion die vordem im Gefrierschnitt färberisch nachweisbaren Lipoide fehlten, anscheinend also nach der Acetonextraktion sich überhaupt keine auf histologischem Wege darstellbaren Lipoidsubstanzen im Gefrierschnitt mehr nachweisen ließen. Die Prüfung des Acetonextraktes mit Hilfe der Filterstreifen bestätigte voll und ganz meine vordem ausgeführten Untersuchungsergebnisse; es sprachen die in Lösung gegangenen Lipoide auf die genannten Farbreaktionen (Sudan III, Nilblausulfat) an (vgl. Tab. II). Somit konnte ich wohl unzweifelhaft annehmen, daß bei der Berücksichtigung der im einzelnen angewandten histologischen Lipoidmethoden und der fraktionierten Extraktion auf das Vorhandensein eines Glycerinesters zu schließen war.

Wie aus Tabelle I hervorgeht, müßte bei Anwesenheit acetonunlöslicher Lipoide die Äther-Alkoholextraktion von entscheidender Bedeutung sein. Durch die Prüfung der mit Ätherextrakt getränkten Filterstreifen konnte ich die interessanten Verhältnisse feststellen, die zuerst Kutschera-Aichbergen wahrgenommen hatte, „daß der Ätherextrakt bei der Prüfung mit Filterstreifen entsprechend seinem Lezithingehalt (vgl. Tab. I) auch positive histologische Färbungen

Tabelle

Material:		Gefrierschnitte: Vor der Extraktion: Doppelbrechung	Sudan	Smith-Dietrich	Ciaccio	Nilblau	Windaus	Nach der Acetonextr.: Doppelbrechung	Sudan	Nilblau	Ciaccio	Smith-Dietrich	Windaus	Nach der Ätherextr.: Doppelbrechung	Sudan	Nilblau	Smith-Dietrich	Ciaccio	Windaus
Bindegewebe	in Formol fixiert				+		++												
	unfixiert				+		++												
Leber	in Formol fixiert				+		+												
	unfixiert				+		+												
Bindegewebe der ♀ Geschl.-Organe	fixiert				+		+												
	unfixiert				+		+												
Eierstock	fixiert				±	+	+	+											
	unfixiert				±	+	+	+											

+ = positive Reaktion.

(wie reines Lezithin) gibt, obwohl doch die Gefrierschnitte vor der Ätherextraktion (nach der Acetonextraktion) diese Färbungen nicht gezeigt haben".

Aus alledem geht hervor, daß in den Gefrierschnitten der Rumpfmuskulatur des Aales (Breit- und Spitzkopf), der Leber und des fetthaltigen Bindegewebes der ♀ Geschlechtsorgane morphologisch nachweisbare Lipoide vorliegen, die bei der Acetonextraktion in Lösung gehen. Anders verhalten sich die acetonunlöslichen Lipoide. Sie sind morphologisch allein kaum zu deuten; es bedarf stets einer Untersuchung der einzelnen Lipoidextraktionen.

Als letzte histologisch-chemische Untersuchung blieb mir noch die Prüfung auf die durch Alkoholextraktion gewonnenen Lipoide (Cerebroside). In den von mir untersuchten Organen wurden diese Lipoidsubstanzen gänzlich vermißt.

Auf Grund der histologisch-chemischen Untersuchungen ist über die Chemie der Fettsubstanzen vom Aal zu sagen, daß es sich im wesentlichen um die Ablagerung von Glycerinestern (Neutralfette) handelt, daneben treten auch Phosphatide auf (Lezithine). Cholesterine und Cerebroside konnten nicht nachgewiesen werden.

Hinsichtlich der Verteilung und Lage der Fettsubstanzen war folgendes festzustellen: Das subkutane Bindegewebe ist als Hauptfundstätte der Fettsubstanzen anzusehen. Hier überwiegen die Neutralfette. Das an die Muskulatur angrenzende Bindegewebe enthält außer den überwiegenden Neutralfetten geringe Mengen von Phosphatiden, die teilweise als nadelförmige oder dreieckige Kristalle eingelagert sind. In der Leber fand ich Neutralfette vor. Hier waren die Fettstoffe in sehr verschiedenen Mengen vorhanden. Bei Breitköpfen war die Leber nur in geringem Maße, bei Spitzköpfen dagegen vollständig verfettet. Die Ovarien enthielten starke Fettablagerungen, und zwar bestand das den Eierstock durch-

II.

Nach der Alkoholextr.:	Lipoidextrakte: Acetonextrakt:					Ätherextrakt:					Alkoholextrakt:				
Doppelbrechung	Sudan	Nilblau	Smith-Dietrich	Ciaccio	Windaus	Sudan	Nilblau	Smith-Dietrich	Ciaccio	Windaus	Sudan	Nilblau	Smith-Dietrich	Ciaccio	Windaus
	+	+				±	+		+						
	+	+				±	+		+						
	+	+													
	+	+													
	+	+				+			-±						
	+	+				+			±						
						±			-+-						
						±			+						

+ = positive Reaktion.

setzende Bindegewebe ausschließlich aus Neutralfetten, während die in den Eiern liegenden Fetttröpfchen phosphatiden Charakters waren.

Bezüglich der „Artfrage" (Spitz- und Breitkopf) ließen sich den chemisch-histologischen Eigenschaften nach keine Unterschiede feststellen. Hervorzuheben wäre höchstens die schon erwähnte verschieden starke Ablagerung der Fettsubstanzen beim Breit- und Spitzkopf, die beim Spitzkopf am stärksten ausgeprägt war, während bei Breitköpfen wesentlich geringere Fettmengen zu finden waren.

c) Über die chemische Zusammensetzung der Fettsubstanzen vom Aal.

Als Ausgangsmaterial der chemischen Untersuchungen diente mir die Trockensubstanz von verschiedenen Aalen (Satzaal, Breit- und Spitzkopf). Das erforderliche Material erhielt ich teilweise durch Herrn Fischereiverwalter Bugow von der Staatlichen Lehr- und Versuchswirtschaft für Fischerei, Jägerhof bei Cladow (Potsdam), sowie von dem Inhaber der Firma E. Höflich, Aalräucherei, Berlin. Beiden Herren bin ich für ihre Unterstützung in der Beschaffung des Materials zu großem Dank verpflichtet.

Die Bestimmung der Fettsubstanzen erfolgte nach den üblichen Methoden der Fettanalyse (vgl. Czensny, 9). Es wurde zunächst das Lebendgewicht der Fische festgestellt. Nach dem Ausweiden und der darauffolgenden Zerkleinerung wurden die zu einer Gruppe (Satzaal, Breit- oder Spitzkopf) zusammengehörigen Fische auf dem Wasserbade getrocknet. Die so erhaltene Lufttrockensubstanz mußte zur weiteren Untersuchung der Fette zunächst einer Vorextraktion unterzogen werden (Vorfett), da eine feinere Zerkleinerung der Fische bei dem hohen Fettgehalt sich nicht ermöglichen ließ. Die so vorextrahierte Trockensubstanz wurde

dann bei 100° C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz weitergetrocknet (Trockensubstanz), in einer Mühle oder einem Mörser fein zermahlen und durch erschöpfende Ätherextraktion das Fett abgeschieden. Nach Verdunstung des Äthers wurde der rötlich-braun gefärbte Fettrückstand getrocknet (60° C), gewogen und auf seine einzelnen Bestandteile geprüft.

Im folgenden fasse ich zunächst die gewonnenen Analysenzahlen über die Gewichtsverhältnisse von Trockensubstanz und Fett der verschiedenen Aalklassen zusammen.

Tabelle III.

100 g Organsubstanz enthalten in %:

Bezeichnung der Fische	Durchschnittsgewicht	Stückzahl	Frisch		Trocken
			Trockensubstanz	Fett	Fett
Aalbrut[1])	168 mg	1	22,21	3,174	14,29
Aalbrut[2])	—	—	21,08	4,079	19,35
Aalmontée[3])	—	—	20,88	2,616	12,53
Satzaal	14 g	12	19,6	5,41	27,9
Aal (Spitzkopf)	—	—	40,91	27,3	66,73
Aal (Breitkopf)	—	—	54,65	11,88	21,74
Flußaal[4])	—	—	—	28,37	66,27

Die großen Unterschiede, die der Tabelle nach im Fettgehalt auftreten, können hier noch nicht ihre Erklärung finden. Doch soll an anderer Stelle darauf eingegangen werden.

Von dem so gewonnenen Rohfett bestimmte ich außer den einzelnen Bestandteilen auch die wichtigsten Fettkonstanten, wie die Verseifungszahl, die Reichert-Meißl'sche Zahl, die Jodzahl usw. Über die Bedeutung und Bestimmung dieser Kennzahlen kann in jedem Handbuch der Fettanalyse (vgl. Literatur Nr. 1, 5, 10, 17, 19, 25, 29 u. 45) nachgesehen werden.

Bei der Prüfung der Einzelbestandteile verfuhr ich folgendermaßen:

Der Ätherextrakt wurde zur Trennung der Phosphatide und Lezithine mit Aceton versetzt. Dabei ging der größere Teil des Ätherextraktes in Lösung, ein Zeichen, daß scheinbar nur geringe Mengen von Phosphatiden anwesend waren. Die vom Aceton unlöslich abgetrennte Fraktion ergab 2,76 % des Ätherextraktes. Des weiteren bestimmte ich den Gehalt an Gesamtfettsäuren sowie die gesättigten und ungesättigten Fettsäuren. Das Fettgemisch wurde in einer bestimmten Menge erwärmten 96 %igen Alkohols gelöst (vgl. Abderhalden, 1. S. 479/80) und mit einer entsprechend zu errechnenden Menge alkoholischer Kalilauge versetzt und auf dem Wasserbade erwärmt. Nach dem Abkühlen wurde mit einem Überschuß 20 %iger Salzsäure angesäuert, die freigewordenen Fettsäuren mit Äther aufgenommen, die Äthermengen mit destilliertem Wasser geschüttelt und die Waschwasser abgelassen; danach wurde der Äther verjagt und die Fettsäuren zur Wägung gebracht. Nach Trocknen bei 60° C fand ich als Gesamtfettsäuren 86,5 % des Ätherextraktes.

[1]) Entnommen aus H. Reuß und E. Weinland, Ztr. f. Biologie 59, 1913.
[2], [3], [4]) Aus dem Landwirtschaftl. Jahrbuch (J. König und A. Splittgerber).

Die weitere Trennung der Fettsäuren in gesättigte und ungesättigte nach der Farnsteinerschen Methode ergab

für ungesättigte . . . . . 66,18 %,
für gesättigte . . . . . 20,3 %

des Ätherextraktes.

Zur Differenzierung einzelner gesättigter Säuren führte ich die Säuren in ihre Silbersalze über[1]).

0,2513 g Silbersalz entsprachen
0,0749 Ag; dies entspricht
29,8 % Ag.

Der Silbergehalt des palmitinsauren Silbers (auf H = 1,0082 berechnet) beträgt 29,72 %. Also ist wohl anzunehmen, daß die vorliegende gesättigte Säure sich hauptsächlich aus Palmitinsäure zusammensetzt.

Bei der Prüfung auf den Gehalt an ungesättigten Säuren begnügte ich mich mit der Bestimmung der Jodzahl nach der Schnellmethode von Margosches. Die Jodzahlen zeigten gewisse Schwankungen. Als Mittel erhielt ich 89,4. Für die Jodzahl gereinigter Ölsäure beträgt der Wert 89,06. Es scheinen somit die ungesättigten Fettsäuren ihrer Zusammensetzung nach zum größten Teil aus Ölsäure zu bestehen. Für die Jodzahl des Fettes fand ich beim Spitzkopf den Wert von 97,4.

Um zu sehen, ob die gefundenen Fettsäuren als Glyceride vorlagen, was den histologisch-chemischen Untersuchungen nach anzunehmen war, bestimmte ich zunächst den Glyceringehalt nach der Bichromat-Methode von Hehner. Die gefundene Glycerinmenge betrug 11,41 %. Zum Nachweis von Glycerin führte ich noch einige qualitative Analysen aus, wie die Akroleinprobe und andere für Glycerin spezifische Reaktionen. Alle Proben fielen positiv aus, so daß die Anwesenheit von Glycerin damit eindeutig bewiesen sein dürfte.

Von den weiteren Konstanten bestimmte ich die Reichert-Meißl'sche Zahl und die Verseifungszahl. Für die erste Konstante fand ich den Wert 1,9, ein Beweis für das Vorhandensein größerer Mengen von flüchtigen Säuren. Als Verseifungszahl des Fettes fand ich 205,19. Nach Grün (17) darf man schließen, daß die Verseifungszahl um 200—210 „Glyceride der Säuren mit 18 Kohlenstoffatomen und der Palmitinsäure enthält". Diese Ergebnisse stimmen also mit meiner Annahme überein und berechtigen dazu, die vorliegenden Fettsäuren als ein Gemisch von viel Ölsäure und Palmitinsäure zu halten.

Der Gehalt an unverseifbarer Substanz (Cholesterin) betrug 0,741 %. Die Bestimmung erfolgte nach der Windausschen Digitonin-Reaktion. 3,0027 g Fett entsprachen 0,02225 g Cholesterin. Daraus errechnet sich für den Gehalt an Cholesterin 0,741 %. Die histologische Untersuchung hatte negative Ergebnisse, ein Zeichen, daß histologische und chemische Untersuchungen nicht immer parallel verlaufen.

[1]) Man löst eine geringe Menge der Fettsäuren in überschüssiger Ammoniaklösung und gibt 5% ammoniakalische Silbernitratlösung hinzu und Wasser, bis das Silbersalz ausfällt. Nach Abfiltrieren der Silbersalze wird eine gewogene Menge der Silbersalze im Platintiegel verbrannt und das metallische Silber zur Wägung gebracht.

Eine besondere Besprechung verlangen noch die Fettverhältnisse beim Breitkopf sowie bei jüngeren Aalen (Satzaalen). Irgendwelche besonders auffallende Veränderungen in der Beschaffenheit des Fettes, abgesehen von dem prozentualen Fettgehalt, ließen sich nicht nachweisen. Die Bestimmung der Kennzahlen beider Typen (Breit- und Spitzkopf) führte auch zu ziemlich übereinstimmenden Ergebnissen. Für die Jodzahl beim Breitkopf wurde ein Wert von 105,8 ermittelt. Danach muß es sich beim Breitkopf um ein Fett handeln, das neben hohem Oleingehalt noch stärkere jodbindende Körper besitzt. Größere Abweichungen fand ich dagegen in der Bestimmung der Jodzahl des Fettes von Satzaalen. Die Jodzahl betrug 90,6. Nach diesem Ergebnis ist anzunehmen, daß der Gehalt an Olein überwiegt.

Nach den gewonnenen Analysenzahlen ist die Zusammenstellung des Ätherextraktes von Anguilla vulgaris folgende:

Tabelle IV.

Zusammensetzung des Fettes von Anguilla vulgaris.

In 100 g Fett sind enthalten:

Gesamtfettsäuren	86,5	g
Ungesättigte Fettsäuren	66,18	„
Gesättigte Fettsäuren	20,3	„
Glycerin	11,4	„
Unverseifbare Substanz (Cholesterin)	0,74	„
Lezithin	2,76	„
Reichert-Meißl'sche Zahl	1,9	
Verseifungszahl	205,2	
Jodzahl des Fettes { Spitzkopf:	97,4	
Jodzahl des Fettes { Breitkopf:	105,8	
Jodzahl der ungesättigten Fettsäuren	89,4	

Zum Schluß des chemischen Teiles möchte ich noch zum Vergleich meiner Untersuchungen einiges über die Fettsubstanzen anderer Fische sagen. Dabei halte ich mich an die ausführlichen Zusammenstellungen von Lewkowitsch[1]) und Rosenfeld[2]).

Danach fallen zunächst die großen Schwankungen der Fettkonstanten auf, besonders der Jodzahlen, von denen ich einige mitteile:

Jodzahl.

Sardine	100—193,2
Stichling	162,0
Lachs	161,42
Hering	131,0—142,0
Sprotte	122,5—142,0
Weißfisch	127,4
Stör	125,3
japan. Aal	107,4
breitköpf. Aal	**105,8**
spitzköpf. Aal	**97,4**
Karpfen	84,3

[1]) Smolian, Merkbuch der Binnenfischerei Bd. II, S. 1024.

[2]) G. Rosenfeld, Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen. Neue Folge, 5. Abtlg. Helgoland. Kiel u. Leipzig 1902, Heft 2.

Bei Vergleichung dieser Befunde ergibt sich die wichtige Feststellung, daß sämtliche Arten der analysierten Fische durch die Höhe der Jodzahl gekennzeichnet sind. Im allgemeinen liegen sie etwa zwischen 100 und 170, woraus hervorgeht, daß der Hauptteil des Fischfettes sich aus Glyceriden ungesättigter Fettsäuren zusammensetzt.

Die Reichert-Meißl'sche Zahl wird gleichfalls zur Identifizierung der Fette herangezogen. Man ermittelt aus ihr den Gehalt des Fettes an flüchtigen Säuren. Die Reichert-Meißl'sche Zahl ist bei den Fischen hoch. Für den Aal fand ich die Zahl 1,9. Im Vergleich hierzu ergab die Reichert-Meißl'sche Zahl für den Karpfen 2,1, für die Sprotte 2,4. Das ist ein Beleg dafür, daß größere Mengen flüchtiger Fettsäuren vorzuherrschen scheinen.

Betrachten wir die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen über die Fettsubstanzen vom Aal, so ist festzustellen, daß sie sich keineswegs mit den oben vergleichsweise angeführten Angaben decken. Es müssen demnach beim Aal andere Fettstoffe vorliegen. Die Unterschiede in der Zusammensetzung des Fettes sind bei den einzelnen Typen (Breit-, Spitzkopf) nicht auffallend groß. Den Jodzahlen nach muß es sich beim Spitzkopf (97,4) um ein Fett handeln, das oleinreicher ist als das vom Breitkopf (105,8). Letztere Fettsubstanzen besitzen neben hohem Oleingehalt noch stärkere jodbindende Körper. Ganz allgemein könnte man aus den Jodzahlen schließen, daß es sich um niedrige Glieder der Essigreihe handelt, die der Hauptsache nach als Glyceride der Ölsäure anzusehen sind.

IV. Betrachtungen über die Biologie der Fettsubstanzen vom Aal.

a) Entstehung des verschiedenen Fettgehaltes beim Breit- und Spitzkopf.

In den vorstehenden Betrachtungen habe ich versucht, ein Bild der Fettstoffablagerungen bei den jüngeren und ausgewachsenen Aalen (Montée, Satzaal, Breit- und Spitzkopf) zu geben, ohne dabei zu berücksichtigen, wieweit die uns bekanntgewordenen Tatsachen von biologischer Bedeutung sein könnten. Zur Beantwortung dieser Frage muß ich auf einige vordem geschilderte Ergebnisse nochmals zurückkommen.

Auffallend waren bei der Ausführung der histologischen und chemischen Untersuchungen die auftretenden Veränderungen im Fettgehalt beim Breit- und Spitzkopf, ein Befund, dem eine größere Bedeutung beizulegen war. Um diese Tatsachen zu erklären, mußte zunächst die Ursache des verschiedenen Fettgehaltes nachgeprüft werden. Handelte es sich hier um zwei erblich unterschiedene Aalrassen, die schon im jüngeren Stadium ähnliche Unterschiede erkennen ließen, oder veranlaßte eine spätere, den Lebensbedingungen angepaßte Ernährungsweise die Bildung zweier grundverschiedener Freßvarietäten?

Man könnte zunächst der Meinung sein, daß es sich um zwei erblich unterschiedene Aalrassen handle. In diesem Falle würden wahrscheinlich auch schon die jüngeren Aale derartige Abweichungen aufweisen. Jedoch gelang es mir weder auf histologischem noch auf chemischem Wege, bei jüngeren Aalen Unterschiede festzustellen. Es bleibt also nur die Annahme übrig, daß die in ihrer Jugend gleich-

artigen Aale sich erst später durch eine verschiedene Ernährungsweise zu zwei deutlich unterscheidbaren Freßvarietäten entwickeln (ähnlich wie Arvicola terrestris unter verschiedenen Lebensbedingungen sich in Wasserratten oder in Schermäuse entwickeln). Diese Ansicht wird in der Fischereibiologie meistens vertreten. Zu ihrer Begründung sollen meine weiteren Untersuchungen beitragen. „Ein Beleg für die Abhängigkeit der Quantität des Fettansatzes vom Nährstoffverhältnis" (Knauthe 22, S. 118) ist nur durch genaue Nahrungsuntersuchungen beider Aaltypen zu erbringen.

Im folgenden bringe ich daher einige der Literatur (Schiemenz 38, S. 199, Törlitz 43) entnommene Angaben über die Befunde von Magen- und Darmuntersuchungen beim Aal. Danach kommen als Hauptnahrung folgende Tierklassen in Frage: Für den Breitkopf im wesentlichen Fischnahrung, wie Plötzen, Stinte, Stichlinge, insbesondere Kaulbarsch, für den Spitzkopf kleine Tiere, wie Insekten, Schnecken, vornehmlich der Chironomus. Irgendwelche charakteristisch auftretende Unterschiede in der Nahrung konnten bisher nicht beobachtet werden. Schon Schiemenz weist in seinen Untersuchungen darauf hin, daß der Unterschied kein durchgreifender sei, „sondern der Spitzaal frißt gelegentlich ebensogut Fische wie der Breitkopf Friednahrung". Beide Aaltypen sind also durchaus nicht an eine bestimmte Art der Nahrung gebunden.

Betrachten wir nun an Hand der vorliegenden Nahrungsstoffe den Futterwert derselben (Geng 14), so muß hierbei auf die Tatsache hingewiesen werden, daß wir in der Fischereibiologie noch zu wenig „auf dem Gebiet der Fütterungslehre unserer Wildfische" (Wundsch 46) wissen. Von den im Schrifttum niedergelegten Untersuchungen über die stoffliche Zusammensetzung der Fischnährtiere waren nur einige für mich von Bedeutung. Für die Berechnung des Fettgehaltes der hier nachweislich als Hauptnahrung von Breit- und Spitzkopf in Frage kommenden Nährtiere (Nahrungsfett) ergaben sich bei Gegenüberstellung des Fettgehaltes vom Verzehrer folgende in Tabelle V zusammengestellten Werte.

Tabelle V.

Verzehrer	Nahrung	
	in Fettprozenten (auf Lebendgew. bezogen)	
Breitkopf 11,88%	+ Fisch (Weißfische)	1,259
	· Asellus	0,879
	— Phryganiden	7,084
	— Chironomus	1,396
	— Leptodora	—
	— Sphaerium	0,261
	— Limnea auricularia	0,31
		1,259
Spitzkopf 27,3%	+ Chironomus	1,396
	— Ephemeriden	2,921
	+ Phryganiden	7,084
	+ Asellus	0,879
	· Gammarus	1,275
	— Limnea auricularia	0,31
	Sphaerium	0,261
	Mittelwert:	3,12

Abkürzungen: — = wenig, × = mäßig, + = viel.
Aus den mit + bezeichneten Werten ist der Mittelwert errechnet worden.

Was die Mittelwerte in Tabelle V anlangt, so läßt sich aus der Menge des Nahrungsfettes und des Fettes des Tierkörpers wohl ein Zusammenhang ermitteln, der darin besteht, daß die fettreichere Nahrung dem Spitzkopf, die fettärmere dem Breitkopf zukommt, der Spitzkopf daher „nur durch die Art und Menge der Nahrung, also durch Kostüberschuß an Fett" (Rosenfeld 36) zu höherem Fettgehalt gelangt. Bei Gegenüberstellung der entsprechend erhaltenen Werte für den Spitz- und Breitkopf tritt diese Beziehung recht deutlich in Erscheinung:

Fettgehalt.

Verzehrer		Nahrung
Breitkopf . . .	11,88 %	1,26 %
Spitzkopf . . .	27,3 %	3,12 %

Auf Grund dieser Beziehung zwischen der Menge des Nahrungsfettes und dem Fettansatz des Tierkörpers betrachte ich die Frage nach den geschilderten Verschiedenheiten im Fettgehalt bei beiden Aaltypen als geklärt.

Die von Rosenfeld (36) aufgeworfene Frage, „ob die fetten Tiere eine andere Stoffwechselenergie haben als die mageren", kann, da es sich in unserem Falle nur um zwei verschiedene Ernährungstypen handelt, nicht weiter zu unserer Problemstellung herangezogen werden.

b) Beziehungen zwischen dem Nahrungsfett und dem Fett des Verzehrers.

Bei meinen weiteren Betrachtungen interessierte mich die Frage nach der Beschaffenheit des in dem Fisch erzeugten Fettes. Voraussetzung zur Beantwortung dieser Frage war die Ermittlung der Jodzahlen von Nahrungsfett und Fett des Verzehrers, eine Beziehung, die zuerst von Rosenfeld für Kaltblüter festgestellt wurde. Ehe ich auf meine eigenen Versuchsergebnisse zu sprechen komme, möchte ich einige Angaben aus der reichhaltigen Literatur anführen (Rosenfeld 35, Knauthe 22, Lehmann 28).

Die hier vorherrschenden Anschauungen über diese Frage sind so aufschlußreich, daß ich es für angebracht halte, ein zusammenfassendes Untersuchungsergebnis einer dieser Arbeiten wiederzugeben. Ich folge dabei den Ausführungen von Knauthe. Auf Grund seiner Betrachtungen und gestützt auf sein Untersuchungsmaterial kam er zu dem Ergebnis, daß „als Quelle dieser Fettmassen in erster Linie die in den Futtermitteln enthaltenen, in zweiter Linie und in weit geringerem Grade erst die aus Kohlehydraten gebildeten Fette zu betrachten seien".

Eine ähnliche Feststellung, wie sie die vorhergehend beschriebene Beobachtung gibt, machte ich in den von mir am Aal gewonnenen Ergebnissen. Dabei folgte ich den Versuchsanordnungen und Schlußfolgerungen der oben erwähnten Verfasser. Es wurde also, um Aufschluß über die Herkunft oder Natur der Fette zu bekommen, die an anderen Fischen gemachte Beobachtung, daß das Fett des Verzehrers „zum größten Teil den mit der Nahrung verabreichten Fetten entstammt", am Aal nachgeprüft. Zu diesem Zwecke erwies es sich als notwendig, die Jodzahlen beider Fettarten (Fischfett und Nahrungsfett) miteinander zu vergleichen. Hierbei ergab

sich für die Jodzahl beim Spitzkopf ein Wert um 97,4, beim Breitkopf um 105,8. Ein Vergleich der Jodzahlen des Nahrungsfettes und des vom Fische erzeugten Fettes ergab folgende Werte:

Jodzahlen[1]).

86,7	Insektenlarvenöl	— Spitzkopf	97,4
127,4	Weißfischöl	— Breitkopf	105,8

Aus diesen Ergebnissen läßt sich wie bei anderen Kaltblütern auch beim Aal die Beziehung feststellen, daß „die Qualität des Körperfettes" im wesentlichen „von der Qualität des Nahrungsfettes abhängig ist" (F. Lehmann).

c) Die biologische Bedeutung der Fettsubstanzen vom Aal.

Ich komme nun zum Endziel meiner biologischen Betrachtungen, der Frage nach der Bedeutung des hohen Fettgehaltes beim Aale gegenüber dem anderer Süßwasserfische. Die Rolle, die ein hoher oder niedriger Fettgehalt für die Fische spielt, kann verschieden sein. Genaue Erörterungen und Untersuchungen sind darüber noch nicht angestellt worden. Außer der Arbeit von Polimanti (32) über den Fettgehalt und seine biologische Bedeutung für die Fische und ihren Aufenthaltsort besitzen wir kaum eine Arbeit, die sich damit befaßt, so daß wir zum größten Teil zur Beantwortung der Frage auf Vermutungen angewiesen sind. Das wesentlichste Ergebnis der oben erwähnten Arbeit besteht in der Behauptung, daß

1. „den an der Oberfläche sich aufhaltenden Seefischen dieses Verweilen eben in den oberflächlichen Gegenden des Meeres sehr erleichtert wird, nicht nur durch die bei ihnen stets beträchtlich entwickelte Schwimmblase, sondern auch durch das geringe spezifische Gewicht, das sie oft zeigen, weil sie eben eine beträchtliche Menge Fett enthalten", und

2. „daß eine Art, je seßhafter sie ist, eine um so geringere Fettmenge enthält".

Diese von Polimanti vertretene Ansicht ist vielleicht für die von ihm an Seefischen vorgenommenen Untersuchungen zutreffend. Was die von ihm geplanten Untersuchungen an Süßwasserfischen anbetrifft, so kann ich auf Grund meiner eigenen Untersuchungen am Aal schon mitteilen, daß die Ansicht des Verfassers bezüglich „der Schwankungen des spezifischen Gewichtes bei den Fischen, je nach ihrem Aufenthaltsort, infolge der Fettmenge, die sie enthalten", nicht auf den Aal bezogen werden kann. Die Unterschiede im Fettgehalt stehen in diesem Falle in keiner Beziehung zu der von Polimanti vertretenen Anschauung. Der breitköpfige Aal mit geringem Fettgehalt ist Uferfisch, der schmalköpfige Aal mit höherem Fettgehalt ist Tiefenfisch. Die größere Beweglichkeit kommt wegen seiner Raubfischnatur dem Breitkopf zu. Die Fettmengen des Aales stimmen also ihren Größenmengen nach nicht mit der von Polimanti vertretenen Ansicht überein.

Die Beantwortung der Frage mußte also auf anderem Wege geschehen. Einen Hinweis zur Deutung fand ich in den Arbeiten von Ehrenbaum (11), Greene

[1]) Die Jodzahlen der Nahrungsfette sind der „Analyse der Fette und Wachse" von A. Grün entnommen worden.

(15—16) und Miescher (30). Die Arbeit von Ehrenbaum handelt über den Flußaal. Aus dem dort vorliegenden zusammenfassenden Tatsachenmaterial lassen sich einige Ergebnisse auch auf das uns interessierende Problem übernehmen. Die Untersuchungen von Greene und Miescher befassen sich eingehend mit biologischen Studien über das Leben des Rheinlachses im Süßwasser, also mit der Laichzeit des Lachses. Wenn es zunächst vielleicht gewagt erscheint, die am Lachs gemachten Beobachtungen mit den von mir am Aal vorgenommenen Betrachtungen in Beziehung zu setzen, so veranlassen mich verschiedene Ähnlichkeiten im biologischen Verhalten beider Fischarten zur Annahme dieses Vergleiches.

Es kam bei meinen weiteren Ausführungen darauf an, die Umstände zu ergründen, die für die Notwendigkeit eines höheren Fettgehaltes sprachen. Nach den oben angeführten Literaturangaben schienen folgende Anhaltspunkte zur Klärung der Frage beizutragen:

Die bei beiden Fischarten mit fortschreitender Jahreszeit zunehmende Entwicklung der Ovarien, der bei beiden Fischarten mit eintretender Geschlechtsreife ausgeprägte Wandertrieb, der, wie Ehrenbaum schreibt, bei dem Aal „mit dem Vollzug der neuen Verwandlung aus dem Gelbaal in den Blankaal erwacht" und „den der Geschlechtsreife entgegengehenden Aal wieder meer- und ozeanwärts führt, wobei er in langer Reise den fernen Laichplätzen wieder zustrebt". Als weiteren Stützpunkt führe ich in diesem Zusammenhange den mit der großen Wanderung und Reifung der Geschlechtsorgane in Verbindung stehenden Stoffverbrauch an, der nach Ehrenbaum „um so stärker ist, als ja eine Nahrungsaufnahme nicht mehr stattfindet". So „wurde bei Aalen von 700—1450 g nach 20—93 Wandertagen ein Gewichtsverlust von 75—150 g, also mehr als 10% des Körpergewichtes, beobachtet".

Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Lachs. In diesem Falle stehen uns die ausführlichen Arbeiten von Greene und Miescher zur Verfügung. Die Analysenergebnisse von Miescher beziehen sich auf den Rheinlachs während seines Aufenthaltes im Süßwasser, der Zeit also, in der „bei völliger Nahrungsenthaltung die ganze Entwicklung der Geschlechtsreife und damit eine Fülle der eingreifendsten Veränderungen des äußeren Habitus wie der inneren Organe stattfindet" (Miescher). Dieser großartige physiologische Vorgang zeigt viele Übereinstimmungen mit dem biologischen Verhalten des Aales während seiner Abwanderung ins Meer zum Zwecke des Laichens. Aus diesen Gesichtspunkten heraus erschien es mir gerechtfertigt, die von Miescher und von Greene zusammengestellten Ergebnisse über den Lachs so weit wie möglich auch für die Beantwortung unserer Frage zu verwenden. Zum Vergleich unserer Untersuchungen konnten selbstverständlich nur solche Punkte herausgegriffen werden, wie ich sie in der oben gebrachten Zusammenstellung aufgezeichnet habe. Danach ergab sich für den Lachs (♀ wie ♂ Tier) während seines Aufenthaltes im Rhein (4—15 Monate nach Miescher) ein Gewichtsverlust an Eiweiß von ungefähr 30% des ursprünglichen Eiweißgehaltes. Bedeutend höher war der Fettverlust, er sank von 15 auf 2,24% (nach Greene), verlor also an seinem ursprünglichen Gewicht an 85%.

Ich gehe wohl nicht fehl, wenn ich nach diesen Tatsachen den übermäßig hohen Fettgehalt wie überhaupt den „mit Nährstoffen reichlich versehenen Körper"

(Ehrenbaum) beim Aal einzig und allein für die Stoffquelle zum Wachstum des Ovariums sowie zur Energielieferung des während der Abwanderung einsetzenden erheblichen Stoffverbrauches infolge der außerordentlichen Muskeltätigkeit verantwortlich mache.

Um mich davon zu überzeugen, ob die hier ausgesprochenen Vermutungen auch auf experimentellem Wege vielleicht zur Geltung kamen, mußte der Zweck der nun folgenden Versuche darin bestehen, die Energiequelle zu erforschen, auf deren Kosten die Stoffmassen der Gonaden sich entwickelten und der Organismus während der Wanderung seinen Stoffverbrauch ergänzte. Der dabei einzuschlagende Weg war folgender:

1. Die Ermittlung des respiratorischen Quotienten in der Hungerperiode und
2. die Untersuchung über die Änderung der chemischen Zusammensetzung des Aalkörpers während der Laichzeit.

Die letzte Möglichkeit der Untersuchung mußte unterbleiben, da geschlechtsreife Aale nicht zu beschaffen waren. So blieb nur noch der zuerst aufgestellte Untersuchungsplan, die Ermittlung des respiratorischen Quotienten in der Hungerperiode. Bei der Ausführung meiner Untersuchungen ging ich in folgender Weise vor:

Bei den Respirationsversuchen behalf ich mich mit einer ganz einfachen Apparatur, ähnlich wie sie zu gleichen Zwecken von Schäperclaus (37, S. 171/72) vorgeschlagen wurde. Von der sonst üblichen Methodik, wie sie für speziell auszuführende respiratorische Untersuchungen an Säugetieren und größeren Wassertieren in Frage kommt, wurde abgesehen.

Als Versuchstiere wurden Satzaale verwendet. Ausgewachsene Aale konnten nicht zu den Versuchen herangezogen werden, da das Gefäß (5½-l-Flasche) für die jüngeren Aale schon kaum den ausreichenden Raum hergab.

Dabei konnte geltend gemacht werden, daß die Verwendung von Satzaalen nicht den natürlichen Verhältnissen entsprach und die Genauigkeit der Ergebnisse vielleicht beeinflußte. So dürfen die hier von mir gewonnenen Ergebnisse über den respiratorischen Quotienten nur unter bestimmtem Vorbehalte zur Beurteilung der gestellten Frage benutzt werden.

Zur Durchführung der Bestimmung des respiratorischen Quotienten wurde eine 5½-l-Flasche mit Hilfe der von Schäperclaus (vgl. 37, S. 171) vorgeschlagenen Hebervorrichtung mit Wasser gefüllt. Das hierzu verwendete Wasser hatte ich einen Tag abstehen lassen, um eine gleichmäßige Verteilung des Sauerstoffes zu erreichen. Von dem so übergeleiteten Wasser wurden nach kräftigem Schütteln der Flasche 15—20 Winkler-Flaschen, ohne zu unterbrechen, gefüllt, und zwar so, daß die ersten Winkler-Flaschen Wasserproben von der Bodenschicht des Versuchsgefäßes erhielten, die folgenden von der Mitte und schließlich der Rest der Flaschen Wasserproben von der Oberfläche. Auf diese Weise erhielt ich O_2-Proben aus den verschiedensten Wasserschichten des Gefäßes, gleichzeitig aber auch eine Kontrolle über die Verwendbarkeit der Apparatur. Die im einzelnen erhaltenen Durchschnittswerte des O_2-Gehaltes waren folgende:

6,59 mg/l (Bodenfläche),
6,71 mg/l (Mitte),
6,65 mg/l (Oberfläche).

Der Fehler betrug mithin 2—3 %. In derselben Art verfuhr ich auch nach Beendigung des Versuches. Die in diesem Falle erhaltenen Ergebnisse waren:

3,72 mg/l (Bodenfläche),
3,69 mg/l (Mitte),
3,54 mg/l (Oberfläche).

Der Fehler lag um 5 %, also immerhin in dem meßbaren Bereich der Fehlergrenze.

Die Ermittlung der ausgeschiedenen CO_2-Menge erfolgte in Anlehnung an die bekannten theoretischen Ausführungen von Tillmanns (42) und Kolthoff (23), d. h. es wurde auf Grund der Beziehungen zwischen Alkalinität, zugehöriger Kohlensäure und dem pH die freie Kohlensäure ermittelt.

Auf die ausführliche theoretische Darlegung der Gleichung möchte ich nicht weiter eingehen. Es sei nur in aller Kürze die angewandte Methodik erwähnt.

Die Alkalinitätsbestimmung wurde in der üblichen Form ausgeführt. Zu 100 ccm des zu untersuchenden Wassers wurden einige Tropfen Methylorange hinzugefügt und mit $^1/_{10}$ n HCl titriert.

Die Bestimmung des pH wurde mit dem Keilkolorimeter von Czensny (8) ausgeführt. Da es sich hier um ein neues verbessertes Verfahren handelt, halte ich es für zweckmäßig, die Vorzüge dieser Apparatur hervorzuheben. Gegenüber den bisher verwandten Keilkolorimetern sind mit diesem neuen Apparat die Abweichungen im pH-Wert „von über 0,35 auf etwa 0,04 im pH" herabgesetzt worden. Fernerhin hat dieser Apparat noch den Vorteil, daß „die den einzelnen pH-Werten entsprechenden Millimeter der Skala in Kurven zusammengestellt sind, welche jedem einzelnen Instrument beigegeben werden und aus denen der pH-Wert der untersuchten Lösung ohne weitere Rechnung abgelesen werden kann.

Alle Berechnungen zur Ermittlung der freien Kohlensäure erfolgten nach der von Kolthoff empfohlenen Gleichung

$$\text{Freie Kohlensäure (mg/l)} = \left(\frac{0{,}985 \cdot H^{\cdot}}{3 \cdot 10^{-7}} - 0{,}015\right) \cdot \text{Bikarbonatkohlensäure (mg/l)}$$

(wobei Bikarbonatkohlensäure aus der Alkalinität durch Multiplikation mit 4.4, die Wasserstoffzahl H' durch Multiplikation mit $1 \cdot 10^{-7}$ errechnet wird).

Von den fünf ausgeführten respiratorischen Bestimmungen waren nur zwei brauchbar. Die Ergebnisse der übrigen waren wegen der nicht einwandfreien Versuchsbedingungen zu ungenau. Und zwar war, wie ich schon vordem bemerkte, der Versuchsraum nicht groß genug, um den Tieren die entsprechende Beweglichkeit zu verschaffen, so daß sie größtenteils, trotz vorherigen Gewöhnens an ihren neuen Versuchsraum, zu große Aufregung und eine damit verbundene vergrößerte Atmungsgeschwindigkeit zeigten. Dadurch kann aber leicht ein falscher respiratorischer Quotient entstehen, indem nämlich die Diffusionsgeschwindigkeiten der CO_2- und O_2-Menge aus den oder in die den Geweben eingelagerten Reservestoffe verschieden sind und damit inkonstante Ablesungen ergeben.

Auf diese Weise könnte der in Versuch B so niedrig ausfallende respiratorische Quotient von 0,3081 vielleicht entstanden sein (Retention der Kohlensäure). In Versuch A, bei dem bedeutend kleinere Satzaale verwendet wurden, die Tiere sich außerdem während des Versuches ruhig verhielten, wurde ein respiratorischer

Quotient von 1,137 ermittelt, was darauf hindeutet, daß nur Kohlenhydrate verbrannt wurden. Da die Versuchsreihen trotz der gleichen Bedingungen einen verschiedenartigen Verlauf nahmen, wohl rein aus versuchstechnischen Gründen, hielt ich eine Fortsetzung der Versuche für aussichtslos und brach damit ab.

Die unter ähnlicher Fragestellung durchgeführten Untersuchungen von Vieweger (44) und Shinobu (39) vermieden den auf respiratorischer Grundlage aufgebauten Versuchsplan und konnten daher vielleicht mehr über den auf den Wanderzügen und mit der Reife der Geschlechtsorgane sich vollziehenden Fettumsatz bei den Fischen im allgemeinen sowie den chemischen Umsatz im besonderen aussagen. Leider stimmen die Versuchsergebnisse beider Verfasser über die chemische Zusammensetzung des Aales während des Hungerns nicht überein. Nach Vieweger erfährt die Zusammensetzung des Aalkörpers bei einer Hungerperiode von 20—320 Tagen (Gewicht der Aale 300—700 g) keine bestimmte Veränderung („la teneur en % du corps en lipide ne diminue pas pendant l'inanition"), so daß der Verfasser zu der Ansicht kommt, der Fettstoffwechsel beim Aal sei ein anderer als bei den Homoiothermen.

Als Gegenstück hierzu das Untersuchungsergebnis von Shinobu (Zoolog. Ber. 17, 1928, S. 510): „Der Gewichtsverlust hungernder Aale beruht wesentlich auf ihrer Abnahme an Eiweiß und Fett."

Wenn auch diese zuletzt angeführten Untersuchungen verschiedene Ergebnisse zeigen, so bin ich auf Grund der der Literatur entnommenen Angaben wie der von mir entwickelten Gedankengänge in bezug auf die biologische Bedeutung des hohen Fettgehaltes beim Aal der Meinung, daß die von mir auf S. 189 unten ausgesprochene Erklärung zur Lösung der gestellten Frage für richtig zu halten ist.

Protokoll zu den Respirationsversuchen.

Versuch A vom 7. IV. 30.

Versuchstier: Satzaal. Anzahl der Tiere: 2.

Gewicht der Versuchstiere	Dauer des Versuches	Ernährung
23,05 g	3 Std. 20 Min.	Gehungert vom 2. X. 29 bis 7. IV. 30

Temperatur: 21,8°.

Sauerstoff- und Kohlensäurebilanz.

	Zu Anfang des Versuches	zu Ende des Versuches
CO_2	= 2,018 mg/l	6,6916 mg/l
O_2	= 6,659 mg/l	3,657 mg/l
pH	= 7,24	6,73
Alkalität	= 2,55	2,55

O_2-Verbrauch = 3,002 mg/l = 2,0954 ccm/l
CO_2-Produktion = 4,6736 mg/l = 2,3835 ccm/l

Respiratorischer Quotient: 1,137.

Versuch B vom 10. IV. 30.

Versuchstier: Satzaal. Anzahl der Tiere: 4.

Gewicht der Versuchstiere	Dauer des Versuches	Ernährung
55,8 g	3 Std. 20 Min.	Gehungert vom 12. X. 29 bis 10. IV. 30

Temperatur: 17,25°.

Sauerstoff- und Kohlensäurebilanz.

Zu Anfang des Versuches	Zu Ende des Versuches
CO_2 = 0,7388 mg/l	2,6744 mg/l
O_2 = 10,05 mg/l	5,466 mg/l
pH = 7,70	7,22
Alkalität = 3,40	3,40

O_2-Verbrauch = 4,59 mg/l = 3,204 ccm/l
CO_2-Produktion = 1,94 mg/l = 0,9872 ccm/l

Respiratorischer Quotient: 0,3081.

V. Hinweis auf die praktische Bedeutung der Fettsubstanzen vom Aal.

Zum Schluß sei noch auf die praktische Bedeutung der Fettsubstanzen vom Aal kurz hingewiesen. Sie beruht auf dem Umstand, daß der hohe Fettgehalt neben dem Eiweißgehalt den Hauptwert des Aales als Fischware bestimmt. Nach meinen Untersuchungen beträgt der Fettgehalt beim Spitzkopf 27 %, bei dem Breitkopf 12 %. An Eiweiß wurde für den Flußaal (König und Splittgerber, 24) ein Gehalt von 13 % festgestellt.

Vergleichen wir diese Werte mit denen des Fleisches unserer Schlachttiere (Eiweiß 20 %, Fett 3 %), so ergibt sich die wichtige Tatsache, daß der Nährwert des spitz- und breitköpfigen Aales durch die beträchtlichen Mengen Fett bedeutend erhöht wird. Es fragt sich nur noch, ob das Fischfleisch auch bezüglich der Verdaulichkeit sowie des Ausnutzungswertes mit dem Fleisch von Warmblütern übereinstimmt. Den aus König und Splittgerber entnommenen Untersuchungsergebnissen nach scheinen in dieser Frage keine wesentlichen Unterschiede vorzuliegen. Durchschnittlich bleiben vom Fleisch der Schlachttiere 2 %, vom Fischfleisch 2,5 % unverdaut. Etwas höher sollen die Werte für den Aal sein. Anders liegen die Verhältnisse bezüglich der Ausnutzung des Fettes. Das Fischfett wird nicht so gut ausgenutzt wie das Fett vom Fleisch der Schlachttiere. In geräuchertem Zustande soll das Fett, wie überhaupt das Fleisch der Fische, besser verwertet werden als gekocht.

Wenden wir uns nun der Verwendungsmöglichkeit des Aales zu. Allgemein wird er infolge seines hohen Fettgehaltes (Spitzkopf) als Räucherfisch verbraucht. Bei dieser Gelegenheit muß ich nochmals auf den Breit- und Spitzkopf verweisen. Beide Typen sind im Handel unter der Bezeichnung Gelbaal und Blankaal bekannt. Der Spitzkopf wird wegen seines hohen Fettgehaltes und festen Fleisches bevorzugt. Er eignet sich besonders gut zum Räuchern. Der Breitkopf hingegen ist nicht so geschätzt. Er findet wegen seines nicht so guten Fleischgeschmackes sowie geringen Fettgehaltes keine Verwendung für die Räuchereien und geht daher in frischem Zustande in den Handel.

Eine weitere Frage, die nicht nur für den Praktiker, sondern auch allgemein für die Fischereiwirtschaft von Bedeutung sein wird, behandelt die chemischen Veränderungen der Fettsubstanzen nach dem Räucherprozeß, die dabei auftretenden Verluste an Fett sowie die Beschaffenheit des Fleisches in bezug auf den lagerungsfähigen Zustand. Die Untersuchungen hierüber sind noch nicht abgeschlossen und werden später weitergeführt.

VI. Zusammenfassung.

1. Die Verteilung und Ablagerung der Fettsubstanzen vom Aal erfolgt im subkutanen Bindegewebe und setzt sich von dort in die die Myomeren trennenden bindegewebigen, fettreichen Myosepten fort.

2. Den histochemischen Untersuchungen nach handelt es sich bei den Fettsubstanzen um Glycerinester (Neutralfette), daneben treten auch Phosphatide auf (Lezithin). Cholesterine und Cerebroside konnten nicht beobachtet werden.

3. Bezüglich der „Artfrage" (Spitz- und Breitkopf) lassen sich den chemisch-histologischen Eigenschaften nach keine Unterschiede feststellen. Als einziges unterscheidendes Merkmal wäre die verschieden große Ablagerung der Fettsubstanzen hervorzuheben, die beim Spitzkopf am stärksten, beim Breitkopf in geringem Maße ausgeprägt ist. Übereinstimmend damit verhalten sich auch die Lebern beider Aalarten.

4. Aus den Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Fettsubstanzen ergibt sich, daß der Fettgehalt beim Spitzkopf 27 %, beim Breitkopf 12 % beträgt. Die Unterschiede in der Zusammensetzung des Fettes sind bei beiden Typen, wie auch den Satzaalen, nicht besonders groß. Den Jodzahlen nach muß es sich beim Spitzkopf (J = 97,4) um ein Fett handeln, das oleinreicher ist als das vom Breitkopf (J = 105,8). Letztere Fettsubstanzen besitzen neben dem hohen Oleingehalt noch stärker jodbindende Körper. Im Vergleich zu den histochemischen Untersuchungen zeigen die chemischen Ergebnisse ziemliche Übereinstimmung, abgesehen von dem auf chemischem Wege nachgewiesenen Cholesteringehalt, so daß das Urteil berechtigt ist, die Fettsubstanzen des Aales der Hauptsache nach für Glyceride der Ölsäure zu halten.

5. Was die biologische Verwertung der erhaltenen Ergebnisse anbetrifft, so läßt sich eine direkte Übertragung derselben auf den lebenden Organismus nach folgenden Gesichtspunkten hin vornehmen:

Die Entstehung des ungleichmäßigen Fettgehaltes beim Breit- und Spitzkopf erfolgt auf Grund verschiedener Ernährung. Die fettreichere Nahrung kommt dem Spitzkopf, die fettärmere dem Breitkopf zu. Die Beziehungen zwischen Nahrungsfett und Fett des Verzehrers stimmen überein mit den Erfahrungen, die man an anderen Fischen gemacht hat: es zeigte sich also, daß die Qualität des Körperfettes weitgehend von der Qualität des Nahrungsfettes abhängt.

Bei der Frage nach der biologischen Bedeutung der Fettsubstanzen sowie des mit Nährstoffen stark versehenen Körpers wurde auf den mit der großen Abwanderung in Verbindung stehenden Stoffverbrauch hingewiesen und dieser zur Klärung der Frage herangezogen.

6. Die praktische Bedeutung der Fettsubstanzen liegt in dem hohen Fettgehalt, der den spitzköpfigen Aal zu einer der wirtschaftlich wichtigsten Fischarten macht.

* * *

Am Schlusse meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Wundsch, Direktor der Preußischen Landesanstalt für Fischerei in Berlin-Friedrichshagen, für sein stets förderndes Interesse an der Arbeit sowie für die

gütige Überlassung des reichlichen Materials meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Herrn Professor Dr. Czensny, Vorsteher der chemischen Abteilung der Preußischen Landesanstalt für Fischerei, wie Herrn Privatdozenten Dr. Schäperclaus, Assistent an der Preußischen Landesanstalt für Fischerei, bin ich für die zahlreichen und wertvollen Ratschläge gleichfalls zu großem Dank verpflichtet.

VII. Schriftenverzeichnis.

1. Abderhalden, Handb. der biologischen Arbeitsmethoden, Abl. 1, Chem. Methoden, Teil 6, Heft 2. (Btrg. von August Bömer: Allg. Methoden d. Darstellung und Untersuchung der Fette.)
2. Abderhalden, Lehrbuch d. physiol. Chemie. 1920.
3. Aschoff, J., Zur Morphologie der Lipoidsubstanzen. Ziegl. Beitrg. path. Anatomie 47, 1910.
4. Bang, J., D. biolog. Bedeutung der Lipoidstoffe. Erg. d. inneren Med. u. Kinderheilk. 3, 1909.
5. Benedict-Ulzer, Analyse der Fette u. Wachsarten. Berlin 1908.
6. Beumer, H., Ein Beitrg. zur Chemie der Lipoidsubstanzen in den Nebennieren. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 77, 1914.
7. Bütschli, Otto, Vorlesungen über vergleichende Anatomie. Bd. 1/2, Berlin 1921—24.
8. Czensny, R., Ein neues Keilkolorimeter zur Bestimmung der Wasserstoffionen-Konzentration. Jahrb. „Vom Wasser", Bd. 3.
9. Czensny, R., Fischanalysen. Ztschr. f. Fischerei 4 (Neue Folge), 1919.
10. Davidsohn, J., u. Stadlinger, H., Hilfsb. f. d. Gebiet der Fette u. Fettprodukte. Verl. S. Hirzel, Leipzig 1930.
11. Ehrenbaum, J., Der Flußaal. Hdb. d. Binnenfischerei Mitteleuropas 3, 1930.
12. Erlandsen, Ztschr. f. physiolog. Chemie, 51, 7, 1907.
13. Fraenkel, S., Lipoide und Cholesterine. Hdb. d. biolog. Arbeitsmeth. Abt. 1, Tl. 6.
14. Geng, H., Der Futterwert natürlicher Fischnahrung. Ztschr. f. Fischerei 23, 1925.
15. Greene, C. W., Biochemical changes in the muscle tissue of King-Salmon during the fast of spawning migration. Journ. biol. Chem. 1919, XXXIX.
16. Greene, C. W., Chemical development of the ovaries of the King-Salmon. Journ. biol. Chem. III, 1921.
17. Grün, A., Chemische Analyse der Fette und Wachse. 1925/29, Bd. 1, 2.
18. Herxheimer, H., Technik der pathologisch-histologischen Untersuchungen. Wiesbaden, Bergmann 1912.
19. Jaekle, H., Über die Zusammensetzung des menschl. Fettes. Ein Beitrag zur Analyse der Fette. Ztschr. f. physiolog. Chem. 36, 1902.
20. Kaufmann, C., u. Lehmann, E., Kritische Untersuchungen über die Spezifitätsbreite histchem. Fettdifferenzierungsmethoden. Zentralbl. allg. Pathol. u. patholog. Anat. 37, 1926.
21. Kawamura, R., Die Cholesterinverfettung. Jena 1911.
22. Knauthe, C., Zur Biologie der Fette. Fischerei-Zeitung 5, 1902, Nr. 8.
23. Kolthoff, J. M., Berechnung und Bestimmung des Gehaltes an aggressiver Kohlensäure im Trinkwasser und Bestimmung, Berechnung u. Bedeutung der Wasserstoffionen-Konzentration bei der Trinkwasseruntersuchung. Ztschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genußm. 41, 1921.
24. König, J., u. Splittgerber, A., Die Bedeutung der Fischerei f. d. Fleischversorgung im Deutschen Reich. Landw. Jahrb. 38, 1909.
25. König, J., Die menschlichen Nahrungs- u. Genußmittel. Berlin 1904, 2, 114.
26. Krause, R., Mikrosk. Anat. der Wirbeltiere in Einzeldarstellungen, 4., Teleostier, 1923.
27. Kutschera-Aichbergen, Beiträge zur Morphologie der Lipoide. Virchows Arch. 256, 1925.
28. Lehmann, F., Über die Qualität des Karpfenfleisches. Fischerei-Ztg. 3, 1900.

29. Lewkowitsch, J., Chemische Technologie u. — Analyse der Öle, Fette und Wachse. Bd. 1/2. Braunschweig 1905.
30. Miescher, F., Statistische und biolog. Beiträge zur Kenntnis vom Leben des Rheinlachses im Süßwasser. Histochem. u. histolog. Arbeit., Leipzig, 1897, II, 116.
31. Plehn, Marianne, Zur Kenntnis der Salmonidenleber im gesunden und kranken Zustand. Zeitschr. f. Fischerei 17 (Neue Folge 1), 1915.
32. Polimanti, O., Über den Fettgehalt u. die biolog. Bedeutung desselben f. d. Fische u. ihren Aufenthaltsort. Biochem. Zeitschr. 56, 1913.
33. Reuß, H., u. Weinland, I., Über die Zusammensetzung der Aalbrut unter verschiedenen Bedingungen. Zeitschr. f. Biologie 59, 1913.
34. Romeis, B., Taschenbuch der mikrosk. Technik. Aufl. 11, 1924.
35. Rosenfeld, G., Die Herkunft des Fettes. Verhandl. d. 17. Kongr. f. innere Med. 1899.
36. Rosenfeld, G., Studien über das Fett der Meeresorganismen. Wiss. Meeresunters. 5,1912.
37. Schäperclaus, W., Untersuchungen über den Stoffwechsel, insbesondere die Atmung niederer Wassertiere. Zeitschr. f. Fischerei 23, 1925.
38. Schiemenz, P., Ist der Aal ein Raubfisch oder ein Friedfisch? Deutsche Fischereiztg., Jahrg. 27, 1904.
39. Shinobu, Oshima, On the chemical change of the Eels in the course of fasting. In J. Imp. Fish. Inst. Tokyo, 23, 1928.
40. Smolian, K., Merkbuch der Binnenfischerei, 2. Berlin 1920.
41. Thudichum, Über die chem. Konstitution des Gehirns des Menschen und der Tiere. Tübingen 1901.
42. Tillmanns, J., Über die quantitative Bestimmung der Reaktion in natürlichen Wässern. Zeitschr. für Unters. f. Nahr.- und Genußm. 38, 1919.
43. Törlitz, H., Anatomische und entwicklungsgeschichtliche Beiträge zur Artfrage unseres Flußaales. Zeitschr. f. Fischerei 21 (Neue Folge 5), 1922.
44. Vieweger, T., La composition chimique des anguilles, Arch. internationales de physiologie 30, 1928.
45. Wundsch, H. H., Die Arbeitsmethoden der Fischereibiologie. Aus Abderhalden: Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden, Abtlg. 9, Tl. 2.
46. Wundsch, H. H., Die stoffliche Zusammensetzung der Süßwasserfauna u. ihre Bedeutung f. die Konsumenten. „Verhandlungen der internationalen Vereinigung für Limnologie", Kiel.

Lebenslauf.

Am 21. November 1905 wurde ich, Albert Johannes Helmut Wiehr, als zweiter Sohn des Bürovorstehers der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft Alfred Wiehr und dessen Ehefrau Elisabeth, geb. Krug, in Berlin-Zehlendorf geboren. Vom 6. Lebensjahre besuchte ich die Ortsschule zu Wilhelmshagen, sodann die König-Friedrich-Schule (Realschule) zu Friedrichshagen. Nach Absolvierung der Untersekunda trat ich in die Obersekunda der Oberrealschule zu Köpenick (Körnerschule) und erhielt daselbst das Reifezeugnis. Darauf immatrikulierte ich mich an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin in der juristischen Fakultät, um mich später der höheren Forstkarriere zu widmen. Nach zweisemestrigem juristischen Studium begann ich infolge vorübergehender Sperrung im höheren Forstfach mit dem Studium der Biologie, Chemie, Physik, Mineralogie und Bakteriologie. Nach dem dritten Semester wechselte ich die Universität, um mein Studium an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel fortzusetzen. Im Sommer 1929 nahm ich mein Studium wieder in Berlin auf, um mich an der Landesanstalt für Fischerei, Berlin-Friedrichshagen, mit vorliegender Arbeit zu beschäftigen.

Meine Hochschullehrer waren die Herren Professoren: Bodenstein, Brühl, v. Buddenbrock, Deegener, Diels, Eggers, Henneberg, Herter, Hesse, Kniep, Marckwald, Marcus, Metzner, Mumm, Nernst, Reibisch, Remane, Schlenk, Spangenberg, Thienemann, Tischler, Wehnelt, Wundsch.